非等方輸送の効果を含んだボルツマン方程式

原研　田　次　邑　吉

今，detailed balanceの状態にある稀薄な単原子分子ガスの中で，例えば音源により小さな歪みが生じたとしよう。従来のボルツマン方程式の衝突項では歪みの中の密度と運動量とエネルギーの変化がその時点で保存され，歪みは隣り合った微小な空間を次々と流体波のように伝達される（但し，輸送過程でエネルギーを持った分子が周囲の部分へまぎれ込み，歪みは次第に減衰する）。それ故に，分子が激しく力学的に非等方な変動をする場合でも，第３次モーメント以上でその効果が表われるだけで，それも平均自由行路長程度で崩壊してしまう。

しかし，上記のように分子運動が非等方になった歪みでは，歪んだ領域全体として運動量を持っている事に注意しなければならない（等方な場合はすべての方向で打ち消し合い，そのような運動量は現われない）。 そのような運動量を持った領域は，個々の分子衝突により，次第に別の場所へ移行すると同時に，より等方な分布へと緩和するであろう。ここで重要な事は，この歪みはこの緩和過程において，全体として偏った方向の運動量を他の部分へ与えるから，その作用に対する反作用として，運動量の移行を阻止する方向の力がその歪み自身の上にたちあらわれる事である。稀薄なガスの場合，分布関数の異方性が古典的像において考察出来るから，このような力をボルツマン方程式に導入する事が出来る。

Kirkwoodの方法より出発する。この方法では，マクロな分布関数はミクロなそれの時間平均により定義される。そのため，二体衝突は２粒子の時空間における変換関数により表現されるため，ここで二体衝突が異方に分布する事による上記の力を平均力場として導入する事が出来る。[1] この変換関数を一体分布関数に関する方程式に代入してボルツマン方程式を導出する際，平均力場の時間平均のための時間巾は平均自由時間である事が明らかになる。時間平均の巾は，最初任意にとられたが，この時間巾をすべて平均自由時間に置き直す事により巨視化が統一的に完成する事になる（実際の観測においても検出器は小さくても良いが，時間巾はこの程度とらねばならない）。

この平均力場を持ったボルツマン方程式において速度方向について第0次モーメントの方程式をつくると，流れについて非線形な補正項を持った連続方程式を得る。更に，Navier–Stokes 方程式をへて，非線形な波動方程式を得る。この式を摂動法で解き，音の空間的に減衰する様を扱う。非等方性の激しい音源の近くでは，音の強度は単一指数関数状の減衰よりずれて，波長π/k（k は波数）で凸凹になることが示される。これは波動の腹から腹までが先に述べた運動量を持った領域を形成した事に示す。

参　考　文　献

1) Y. Taji, 32回年会予稿集， 10PA1 (1977)

Functional Equations and their Treatment in Non-Equilibrium Statistical Mechanics

岩手大・工　細　川　　巌

この報告は，次の三つの論文の綜合報告及びその延長と理解されたい。

1. Functional Approach to Classical Non-Equilibrium Statistical Mechanics, J. Math. Phys. 8, 221 (1967).
2. Functional Random-walk Model of the Many-particle System, J. Math. Phys. **11**, 657 (1970).
3. Entropy Production in the Functional Random-walk Model, J. Math. Phys. **14**, 1374 (1973).

要旨は，熱力学的極限にある閉じた系の非平衡の統計力学をBBGKYヒエラルキーと等価な汎函数方程式より出発して構成しようとするものである。「非可逆性」は，原方程式をフォッカープランク汎函数方程式と見直すことから導入される。（この見直しは空間の粗視に直接関連する。） この方程式はμ空間の中の粒子の密度函数$Z(x)$のアンサンブルの発展を記述すると考えられる。

$Z(x)$は任意の実函数ではなく，正規化の条件とエネルギーの条件を示すようなリー